

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi radiasi matahari sebagai sumber utama untuk menghasilkan energi listrik. Energi matahari dikonversi menjadi energi listrik menggunakan teknologi fotovoltaik (photovoltaic/PV), yaitu perangkat semikonduktor yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Dalam sistem PLTS, komponen utama yang digunakan adalah panel surya (solar cell), inverter, baterai (opsional), dan komponen pendukung lainnya yang berfungsi untuk mengoptimalkan proses konversi energi serta penyimpanan daya (Farid et al., 2025).

PLTS termasuk dalam kategori energi terbarukan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca selama proses pembangkitan listrik. Selain itu, pemanfaatan energi surya dinilai sangat potensial di negara tropis seperti Indonesia yang memiliki intensitas penyinaran matahari tinggi sepanjang tahun. Sistem PLTS dapat diterapkan dalam berbagai skala, mulai dari skala rumah tangga (rooftop), fasilitas umum, hingga pembangkit listrik skala besar, baik dalam sistem on-grid maupun off-grid (Awal & Andriani, 2022).

Secara umum, prinsip kerja PLTS dimulai dari penyerapan energi cahaya matahari oleh panel surya, kemudian diubah menjadi energi listrik DC melalui efek fotovoltaik. Energi listrik tersebut selanjutnya dapat disimpan dalam baterai atau langsung digunakan setelah dikonversi menjadi arus bolak-balik (AC)

menggunakan inverter. Dengan kemampuannya dalam menyediakan energi listrik secara mandiri, PLTS menjadi solusi alternatif untuk mengatasi keterbatasan akses listrik, khususnya di daerah terpencil serta mendukung kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan (Kusmantoro, 2025).

2.1.1 Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.1.1.1 PLTS On-Grid

PLTS *on-grid* merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN sehingga energi listrik dari panel surya dapat digunakan bersamaan dengan suplai dari jaringan utilitas. Sistem ini bekerja dengan mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik, kemudian inverter grid-tied menyesuaikan tegangan dan frekuensi agar sesuai dengan standar jaringan listrik. Energi yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban, sedangkan kekurangan daya akan dipasok oleh PLN secara otomatis. PLTS *on-grid* memiliki efisiensi yang baik karena tidak menggunakan baterai, sehingga biaya instalasi dan perawatan lebih rendah dibandingkan sistem *off-grid*. Kinerja sistem dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, efisiensi inverter, kondisi lingkungan, dan pola penggunaan beban listrik. Oleh karena itu, PLTS *on-grid* banyak digunakan sebagai solusi pemanfaatan energi terbarukan untuk meningkatkan efisiensi energi listrik dan mengurangi penggunaan energi berbasis bahan bakar fosil (Hernan et al., 2024).

2.1.1.2 PLTS Off-Grid

PLTS *off-grid* merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang beroperasi secara mandiri tanpa koneksi ke jaringan listrik. Sistem ini dilengkapi dengan baterai sebagai penyimpanan energi untuk memastikan ketersediaan listrik saat tidak ada penyinaran matahari, seperti pada malam hari atau kondisi cuaca buruk. PLTS *off-grid* umumnya diterapkan di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik. Dalam perancangannya, diperlukan perhitungan yang matang terkait kapasitas panel surya, baterai, serta kebutuhan beban agar sistem dapat bekerja secara optimal dan berkelanjutan (Mega, 2023).

2.1.1.3 PLTS Hybrid

PLTS *hybrid* merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang mengombinasikan sistem *on-grid* dan *off-grid*, yaitu terhubung dengan jaringan listrik sekaligus dilengkapi dengan baterai sebagai penyimpanan energi. Sistem ini memiliki fleksibilitas tinggi karena dapat memanfaatkan energi matahari secara langsung, menyimpan kelebihan energi dalam baterai, serta menyalurkan energi ke jaringan listrik. Ketika terjadi gangguan pada jaringan utama, sistem tetap dapat beroperasi dengan memanfaatkan energi yang tersimpan dalam baterai. Dengan demikian, PLTS *hybrid* mampu meningkatkan keandalan dan kontinuitas pasokan energi listrik serta mengoptimalkan pemanfaatan energi terbarukan (Sahidin et al., 2025).

2.1.2 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.1.2.1 Modul Surya (Solar Panel)

Modul surya atau panel surya adalah perangkat yang berfungsi mengonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui mekanisme efek fotovoltaiik. Modul ini tersusun atas sejumlah sel surya (solar cell) berbahan semikonduktor, umumnya silikon, yang dirangkai secara seri dan paralel untuk menghasilkan nilai tegangan dan arus tertentu sesuai kebutuhan. Ketika permukaan sel surya terkena sinar matahari, energi foton akan mengaktifkan elektron sehingga menghasilkan arus listrik searah (DC). Kinerja modul surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain intensitas radiasi matahari, temperatur lingkungan, serta posisi dan sudut kemiringan panel terhadap datangnya sinar matahari (Hermawan et al., 2024).

Rumus penentuan kapasitas panel (Setiawan et al., 2025).

$$Kapasitas\ panel = \frac{Kebutuhan\ daya}{Jam \times Efisiensi\ panel}$$

Keterangan :

Kapasitas panel = Daya panel surya yang dibutuhkan (Wp)

Kebutuhan daya = Total daya beban yang digunakan dalam sistem (Watt)

Jam = Lama penyinaran matahari efektif per hari (jam)

Efisiensi panel = efisiensi (%)



Gambar 2. 1 PLTS Off-Grid

Sumber: <https://share.google/iuPTNdiFMYQo3VI9b>

2.1.2.2 Solar Charger Controller

Solar Charge Controller (SCC) adalah komponen penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi mengendalikan aliran energi listrik dari panel surya ke baterai. Perangkat ini berperan dalam menjaga kestabilan tegangan dan arus selama proses pengisian sehingga dapat menghindari kondisi overcharging (pengisian berlebih) maupun overdischarging (pengosongan berlebih) yang berpotensi merusak baterai. Selain itu, SCC juga membantu mengoptimalkan pemanfaatan energi yang dihasilkan panel surya yang cenderung berubah-ubah akibat variasi intensitas radiasi matahari (Faizal et al., 2022).

Berdasarkan metode pengendaliannya, Solar Charge Controller dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu tipe On/Off, *Pulse Width Modulation* (PWM), dan Maximum Power Point Tracking (MPPT). SCC tipe PWM bekerja dengan cara mengatur lebar pulsa untuk menyesuaikan tegangan antara panel surya dan baterai, sedangkan tipe MPPT memiliki kemampuan yang lebih canggih karena mampu melacak titik daya maksimum (maximum power point) dari panel surya sehingga energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan

secara lebih optimal. Penggunaan SCC tipe MPPT terbukti lebih efisien dibandingkan metode konvensional, terutama pada kondisi intensitas cahaya matahari yang tidak stabil (Sikumbang, 2024).

Dalam pengaplikasiannya, Solar Charger Controller (SCC) juga dilengkapi dengan berbagai fitur proteksi seperti perlindungan terhadap arus lebih, hubung singkat, serta sistem pemantauan tegangan dan arus untuk meningkatkan keamanan dan keandalan sistem. Perkembangan teknologi terbaru menunjukkan bahwa SCC dapat dikombinasikan dengan metode pengendalian cerdas, seperti algoritma fuzzy logic dan teknik optimasi pada MPPT, guna meningkatkan efisiensi konversi energi dan menjaga kestabilan sistem PLTS. Oleh karena itu, SCC memiliki peran yang sangat vital dalam mendukung kinerja sistem PLTS, khususnya pada sistem off-grid yang sangat bergantung pada penyimpanan energi dalam baterai (Rahebi et al, 2023).



Gambar 2. 2 Solar Charger Controller

Sumber: <https://share.google/8LsjgcKtYkTm7nL4Q>

2.1.2.3 Baterai

Baterai atau aki merupakan komponen dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya. Energi yang dihasilkan pada

siang hari tidak selalu langsung digunakan, sehingga perlu disimpan dalam baterai agar dapat dimanfaatkan pada saat malam hari atau ketika intensitas cahaya matahari menurun. Dengan demikian, baterai berperan dalam menjaga kontinuitas pasokan energi listrik, khususnya pada sistem PLTS off-grid yang tidak terhubung dengan jaringan listrik utama (Utomo et al., 2023).

Beberapa jenis baterai yang umum digunakan pada sistem PLTS antara lain baterai timbal-asam (lead acid), *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA), serta baterai berbasis lithium seperti Lithium-ion dan *LiFePO4*. Setiap jenis baterai memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi kapasitas penyimpanan, efisiensi, umur pakai, maupun biaya. Baterai VRLA banyak dipilih karena perawatannya yang lebih praktis, sedangkan baterai lithium memiliki keunggulan dalam efisiensi tinggi dan umur siklus yang lebih panjang. Oleh karena itu, pemilihan jenis baterai yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerja dan efisiensi sistem PLTS secara keseluruhan (Surya et al., 2024).

Kinerja baterai dalam sistem PLTS dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kedalaman pengosongan (Depth of Discharge/DoD), suhu operasional, serta pola siklus pengisian dan pengosongan. Penggunaan baterai yang tidak sesuai, seperti pengisian berlebih (overcharging) atau pengosongan berlebih (undercharging), dapat menyebabkan penurunan kapasitas dan memperpendek umur baterai. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan baterai atau Battery Management System (BMS) untuk menjaga kestabilan tegangan serta meningkatkan efisiensi dan keandalan baterai dalam jangka panjang (Astaghytsu et al., 2024).



Gambar 2. 3 Baterai/Aki

Sumber: <https://share.google/WDbqWBCzC2GOayVGZ>

2.1.2.4 Inverter

Inverter merupakan perangkat esensial dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk mengonversi energi listrik arus searah (*Direct Current/DC*) yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik menjadi energi listrik arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) sehingga dapat dimanfaatkan oleh berbagai jenis peralatan listrik. Selain menjalankan fungsi konversi energi, inverter juga memiliki peranan strategis dalam menjaga kualitas daya listrik melalui pengaturan kestabilan tegangan dan frekuensi agar tetap sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan. Keberadaan inverter menjadi sangat penting mengingat karakteristik keluaran energi dari panel surya yang bersifat fluktuatif akibat pengaruh intensitas radiasi matahari dan kondisi lingkungan, sehingga diperlukan proses pengondisian daya sebelum energi listrik disalurkan dan digunakan oleh beban listrik (Halim et al., 2020).

Inverter pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, yaitu inverter off-grid, inverter *on-grid*, dan inverter *hybrid*. Inverter *off-grid* digunakan pada sistem PLTS mandiri yang beroperasi tanpa terhubung dengan jaringan listrik utama, sehingga seluruh kebutuhan energi listrik dipenuhi secara independen.

Sebaliknya, inverter on-grid dirancang untuk beroperasi secara terintegrasi dengan jaringan listrik utama melalui proses sinkronisasi tegangan dan frekuensi, sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat disalurkan secara efisien baik ke beban maupun ke jaringan listrik. Adapun inverter *hybrid* merupakan jenis inverter yang mengombinasikan karakteristik sistem *off-grid* dan *on-grid*, sehingga mampu memberikan fleksibilitas operasional yang lebih tinggi dalam pengelolaan dan distribusi energi listrik (Kenedi, 2024).

Kinerja inverter merupakan faktor yang sangat menentukan tingkat efisiensi dan keandalan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara keseluruhan. Evaluasi kinerja inverter umumnya dilakukan berdasarkan beberapa parameter utama, seperti efisiensi konversi daya, kestabilan tegangan keluaran, kestabilan frekuensi, serta nilai distorsi harmonisa total atau *Total Harmonic Distortion* (THD). Salah satu jenis inverter yang digunakan adalah inverter *pure sine wave*, yang mampu menghasilkan bentuk gelombang keluaran menyerupai gelombang sinus murni. Bentuk gelombang tersebut menghasilkan tegangan yang lebih stabil dan sesuai untuk berbagai jenis peralatan listrik, khususnya beban yang menggunakan motor. Pemilihan inverter *pure sine wave* yang sesuai menjadi aspek yang sangat penting dalam mendukung optimalisasi kinerja sistem PLTS, meningkatkan keandalan operasional, serta meminimalkan potensi gangguan atau kerusakan pada beban listrik yang digunakan (Halim et al., 2020).



Gambar 2. 4 Inverter

Sumber: <https://share.google/j2xx6S9oCzySIkQqt>

2.2 Sistem PLTS Off-grid

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* merupakan sistem penyedia energi listrik mandiri yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi tanpa ketergantungan terhadap jaringan utilitas listrik konvensional. Sistem ini bekerja dengan mengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik melalui modul fotovoltaik, kemudian energi tersebut disimpan pada baterai untuk menjaga kontinuitas suplai daya ketika intensitas cahaya matahari menurun atau pada malam hari. Pada implementasinya, sistem PLTS *off-grid* terdiri atas beberapa komponen utama yaitu panel surya, solar charge controller, baterai, inverter, serta beban listrik. Kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh kapasitas baterai, efisiensi inverter, kondisi cuaca, serta pola konsumsi energi pengguna. Selain mampu meningkatkan rasio elektrifikasi di daerah terpencil, PLTS *off-grid* juga memberikan manfaat dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan penggunaan energi fosil. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa optimasi konfigurasi sistem, pemilihan kapasitas inverter, dan penggunaan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dapat meningkatkan efisiensi penyerapan daya serta menjaga kestabilan tegangan keluaran pada sistem PLTS *off-grid* (Pasaribu et al., 2023).

2.2.1 Karakteristik PLTS Off-grid

PLTS *off-grid* memiliki ciri utama sebagai sistem pembangkit listrik yang beroperasi secara mandiri tanpa terhubung dengan jaringan listrik utama, sehingga seluruh kebutuhan energi dipenuhi dari sumber energi matahari dan sistem penyimpanan energi. Sistem ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan radiasi matahari serta kapasitas baterai yang digunakan untuk menyimpan energi listrik. Oleh karena itu, perencanaan kapasitas sistem menjadi hal yang sangat penting dengan mempertimbangkan kebutuhan energi harian serta potensi energi surya di lokasi pemasangan (Amalia et al., 2022).

2.2.2 Keunggulan dan Kelemahan Sistem Off-grid

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* memiliki keunggulan dalam menyediakan energi listrik secara mandiri tanpa ketergantungan terhadap jaringan distribusi listrik konvensional, sehingga sangat sesuai diterapkan pada wilayah terpencil atau daerah yang belum terjangkau jaringan PLN. Sistem ini mampu meningkatkan ketersediaan energi listrik secara berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber energi matahari yang bersifat terbarukan dan ramah lingkungan. Penerapan sistem off-grid dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil serta menekan pencemaran lingkungan, sehingga mendukung pengembangan energi bersih. Dari aspek operasional, sistem ini memiliki fleksibilitas dalam pemasangan dan dapat diterapkan pada berbagai skala kebutuhan daya sesuai kapasitas beban yang digunakan. Namun demikian, sistem PLTS *off-grid* juga memiliki beberapa keterbatasan, terutama pada tingginya biaya investasi awal yang disebabkan oleh kebutuhan komponen

penyimpanan energi seperti baterai, inverter, dan solar charge controller. Kinerja sistem sangat dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari dan kapasitas baterai, sehingga pada kondisi cuaca buruk suplai energi listrik dapat mengalami penurunan. Selain itu, baterai memiliki umur pakai terbatas dan memerlukan proses pemeliharaan serta penggantian secara berkala yang dapat meningkatkan biaya operasional sistem. Oleh karena itu, perencanaan kapasitas komponen dan pengelolaan energi yang tepat diperlukan untuk menjaga stabilitas, keandalan, dan efisiensi kerja sistem PLTS (Pasaribu et al., 2023).

2.3 Daya

Daya listrik merupakan parameter utama dalam sistem ketenagalistrikan yang menunjukkan besarnya energi listrik yang ditransfer atau digunakan dalam interval waktu tertentu. Besaran daya menjadi indikator utama dalam mengevaluasi kemampuan kerja suatu perangkat listrik, karena nilai daya berkaitan langsung dengan kapasitas konsumsi maupun penyaluran energi pada sistem. Dalam implementasinya, daya dipengaruhi oleh besaran tegangan dan arus listrik yang mengalir pada rangkaian, sehingga perubahan karakteristik beban akan memengaruhi nilai daya yang dihasilkan maupun digunakan. Pengukuran daya memiliki peranan penting dalam analisis performa sistem kelistrikan, khususnya untuk menentukan tingkat efisiensi operasi, kestabilan sistem, serta kesesuaian kapasitas peralatan terhadap kebutuhan beban. Pada sistem energi terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), pemantauan daya dilakukan secara kontinu untuk memastikan proses konversi energi berlangsung secara optimal dan mampu mempertahankan kualitas suplai energi listrik. Selain

itu, penerapan teknologi monitoring berbasis digital dan Internet memungkinkan proses pengukuran daya dilakukan secara real-time sehingga pengendalian konsumsi energi dapat dilakukan dengan lebih akurat dan efisien (Susantok et al., 2022).

Daya keluaran pada sistem PLTS bersifat tidak konstan karena dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti kondisi cuaca, suhu lingkungan, serta sudut kemiringan panel surya. Pada kondisi cuaca cerah, daya yang dihasilkan dapat mencapai nilai maksimum, sedangkan pada kondisi berawan atau mendung akan mengalami penurunan. Selain itu, peningkatan suhu pada panel surya juga dapat menurunkan efisiensi kerja sehingga berdampak pada penurunan daya output yang dihasilkan (Jaya et al., 2024).

2.3.1 Daya Aktif

Daya aktif merupakan energi listrik yang digunakan secara nyata oleh peralatan listrik untuk menghasilkan kerja seperti panas, cahaya, putaran motor, maupun bentuk energi lainnya yang dapat dimanfaatkan secara langsung. Dalam sistem tenaga listrik, besaran ini dilambangkan dengan simbol P dinyatakan dalam satuan Watt, daya aktif menjadi parameter utama karena menunjukkan besarnya energi yang benar-benar dikonsumsi oleh beban selama proses operasional berlangsung. Besaran daya aktif sangat memengaruhi kinerja dan efisiensi sistem kelistrikan, terutama pada proses distribusi dan pemanfaatan energi listrik pada sektor industri maupun rumah tangga. Semakin besar daya aktif yang tersalurkan secara efektif, maka semakin optimal pula kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan energi beban. Selain itu, daya aktif juga berkaitan erat dengan kualitas

penyaluran energi listrik, karena ketidakseimbangan beban dan rendahnya faktor daya dapat meningkatkan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi. Oleh sebab itu, pengelolaan daya aktif menjadi aspek penting dalam menjaga kestabilan sistem, meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, serta mendukung keandalan operasi sistem tenaga listrik secara keseluruhan (Saputra et al., 2024).

2.3.2 Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan komponen daya listrik yang tidak secara langsung digunakan untuk menghasilkan kerja nyata, tetapi berperan penting dalam membentuk medan magnet dan medan listrik yang dibutuhkan oleh peralatan seperti motor induksi, transformator, dan generator. Daya ini dilambangkan dengan simbol Q dan memiliki satuan Volt Ampere Reactive (VAR). Dalam sistem tenaga listrik, daya reaktif muncul akibat adanya perbedaan fase antara tegangan dan arus, terutama pada beban yang bersifat induktif atau kapasitif. Meskipun tidak menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan secara langsung, daya reaktif sangat penting untuk menjaga kestabilan tegangan dan mendukung proses penyaluran daya aktif dalam sistem kelistrikan. Jika jumlah daya reaktif terlalu besar, hal ini dapat menyebabkan penurunan faktor daya, meningkatkan rugi-rugi energi, serta menurunkan efisiensi sistem, sehingga diperlukan pengaturan seperti penggunaan kapasitor bank atau kompensator daya reaktif. Oleh karena itu, pengelolaan daya reaktif menjadi aspek penting dalam menjaga kualitas dan keandalan sistem tenaga listrik (Fitriyandi et al., 2022).

Rumus daya reaktif :

$$Q = V \times I \times \sin \phi$$

2.3.3 Daya Semu

Daya semu merupakan besaran daya listrik total yang disalurkan oleh sumber ke dalam sistem tenaga listrik, yang merupakan kombinasi antara daya aktif dan daya reaktif. Daya ini dilambangkan dengan simbol S dan dinyatakan dalam satuan Volt Ampere (VA). daya semu mencerminkan kapasitas keseluruhan daya yang harus disediakan oleh sumber untuk memenuhi kebutuhan beban, baik yang benar digunakan dan yang hanya berfungsi dalam pembentukan medan listrik dan magnet. Dalam sistem arus bolak-balik (AC), nilai daya semu dipengaruhi oleh tegangan, arus, serta jenis beban yang digunakan, baik resistif, induktif, dan kapasitif. Daya semu juga memiliki hubungan erat dengan faktor daya, yang menunjukkan tingkat efisiensi pemanfaatan energi listrik, di mana semakin besar selisih antara daya semu dan daya aktif maka semakin rendah efisiensi sistem. Kondisi ini dapat menyebabkan meningkatnya rugi-rugi daya dan menurunnya kinerja sistem tenaga listrik, daya semu sangat diperlukan dalam evaluasi sistem agar penggunaan energi listrik menjadi lebih optimal (Fikrie Alia, 2025).

Rumus daya semu:

$$S = V \times I$$

2.4 Langkah-Langkah Penentuan Inverter

Penentuan kapasitas inverter merupakan tahapan krusial dalam perancangan sistem kelistrikan, terutama pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid. Inverter berperan sebagai alat konversi energi listrik dari arus searah (DC) yang dihasilkan panel surya atau baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang

digunakan oleh beban. Kapasitas inverter harus dirancang secara tepat agar mampu memenuhi kebutuhan daya tanpa mengalami kondisi kelebihan beban maupun kekurangan suplai yang dapat mengganggu performa sistem.

Pemilihan kapasitas inverter ini dilakukan untuk memastikan bahwa inverter mampu menyuplai daya yang dibutuhkan oleh beban serta mampu mengatasi lonjakan arus saat peralatan listrik pertama kali dioperasikan, secara sistematis dapat dirumuskan sebagai:

a. Total Daya Beban

Pada sistem PLTS off-grid, inverter harus mampu menyuplai seluruh beban yang terhubung secara bersamaan. Oleh karena itu, langkah awal adalah menjumlahkan seluruh daya beban listrik (daya aktif) yang digunakan. Daya aktif merupakan daya nyata yang digunakan oleh peralatan listrik dan dinyatakan dalam satuan Watt (W).

Rumus total daya beban (deni, 2025):

$$P_{total} = P_{beban}$$

Keterangan :

P_{total} = total daya beban (Watt)

P_{beban} = daya masing-masing alat (Watt)

b. Menghitung Faktor Daya

Suatu sistem AC, daya tidak hanya terdiri dari daya aktif, tetapi juga dipengaruhi oleh daya reaktif. Kombinasi keduanya disebut daya semu (VA).

Inverter bekerja berdasarkan daya semu, sehingga perhitungan harus mempertimbangkan faktor daya ($\cos \phi$).

Untuk menghitung faktor daya digunakan rumus :

$$S = \frac{p}{\cos \phi}$$

Keterangan:

S = daya semu (VA)

P= daya aktif (Watt)

Cos ϕ = faktor daya (0.7-0.9)

c. Kapasitas panel disesuaikan dengan kapasitas inverter

$$Kapasitas\ panel = \frac{Kebutuhan\ daya}{Jam\ x\ Efisiensi\ panel}$$

d. Efisiensi Inverter

Efisiensi inverter menunjukkan seberapa besar energi yang dapat dikonversi dari DC ke AC. Karena ada rugi-rugi, daya input harus lebih besar dari daya output.

Untuk mengetahui efisiensi inverter digunakan rumus :

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	M.R. Khan & I. Alam (2020)	Sistem Memasak Berbasis PV Surya Tanpa Inverter Terintegrasi Grid	Inverter menyumbang sekitar 20% dari total biaya sistem, sehingga pemilihan inverter sangat mempengaruhi efisiensi dan biaya energi.
2	Yaman dkk. (2020)	Perancangan Sistem Tenaga Surya Off-Grid untuk Aplikasi 1300 VA	Sistem membutuhkan inverter berkapasitas 2000 W untuk menjaga kestabilan suplai energi harian sebesar 3,5 kWh.
3	Manurung dkk. (2020)	Perancangan Sistem Inverter Surya untuk Aplikasi Off-Grid	Inverter 500 W mampu bekerja stabil dan dapat diintegrasikan dengan sistem monitoring berbasis IoT.
4	Safitri (2026)	Perbandingan Kinerja Inverter Pure Sine Wave dan Modified Sine Wave	Inverter pure sine wave lebih stabil, memiliki distorsi rendah, dan lebih aman untuk peralatan listrik.
5	Rinaldi dkk. (2025)	Sistem PLTS Off-Grid untuk Rumah Berbasis Energi Terbarukan	Inverter 2000 VA diperlukan untuk menjaga kestabilan tegangan pada sistem mandiri.
6	Paul dkk. (2021)	Mikro-Inverter Gain Tinggi untuk Sistem PV	Mikro-inverter mampu meningkatkan efisiensi konversi energi dan mengoptimalkan kinerja tiap panel surya.

7	Sapkota dkk. (2024)	Analisis Stabilitas Inverter pada Sistem Microgrid Terisolasi	Inverter berperan penting dalam menjaga stabilitas tegangan dan distribusi daya pada sistem off-grid.
8	Phuyal dkk. (2024)	Optimasi Kontrol Inverter H5 pada Sistem PV	Desain inverter yang optimal mampu mengurangi rugi daya dan meningkatkan efisiensi sistem.
9	Al-Yozbakly & Othman (2024)	Dampak Sistem PV terhadap Kinerja Motor Induksi pada Irigasi	Ketidakstabilan inverter dapat menyebabkan penurunan efisiensi motor hingga 34% dan peningkatan harmonisa.
10	Sitorus dkk. (2025)	Evaluasi Kinerja PLTS Off-Grid 200 Wp	Inverter pure sine wave memiliki efisiensi sekitar 92% dan menghasilkan gelombang stabil untuk beban AC.